

Kırmızı biber tohum unu ve proteininin çözünürlük ve emülsiyon özellikleri

Ebru FIRATLIGİL-DURMUŞ*, Özgül EVRANUZ

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Protein, yağ ve lif içeriği oldukça zengin olan kırmızı biber tohumlarının, gıda sanayiinde kullanılarak değerlendirilmesi oldukça önem kazanmaktadır. Kırmızı biber tohum unu ve proteininin çözünürlük ve emülsiyon özellikleri, ticari ürün olan soya protein konsantresi ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Bu amaçla yağı alınmış kırmızı biber tohum unu hazırlanmış ve bu undan ekstraksiyon ve izolasyon metodu ile protein elde edilmiştir. Kırmızı biber tohum proteini için en düşük çözünürlük değeri pH 4'de elde edilmiş ve bu değer altındaki ve üstündeki pH değerlerinde çözünürlük artmıştır. Kırmızı biber tohum proteini, alkali koşullarda kırmızı biber tohum unu ve soya protein konsantresinden daha yüksek çözünürlüğe sahiptir. Genel olarak tüm örneklerde tuz konsantrasyonunu arttıkça çözünürlük de artmaktadır. Kırmızı biber tohum proteininde tuz konsantrasyonunun çözünürlüğe olan etkisi kırmızı biber tohum ununa göre daha fazladır. Kırmızı biber tohum unu ve proteinin emülsiyon aktivitesi değerleri sırasıyla %49.3-54.7 ve %48.8-70.4; emülsiyon stabilitesi ise %52.9-54.33 ve %47.19-64.9 aralığında değişmektedir. Kırmızı biber tohum proteinin, emülsiyon özellikleri proteinlerin çözünürlük eğrileri ile paralellik göstermektedir. Kırmızı biber tohum proteini, bazik pH koşullarında kırmızı biber tohum ununa ve soya protein konsantresine göre daha yüksek emülsiyon özelliklerine sahiptir. Kırmızı biber tohum proteini ile oluşturulan emülsiyonun stabilitesi kırmızı biber tohum unu ile oluşturulana göre daha yüksektir. Kırmızı biber tohum proteinin emülsiyon özellikleri tuz ilavesi ile azalırken, kırmızı biber tohum unu ve soya protein konsantresinin emülsiyon özellikleri değişmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı biber, emülsiyon, çözünürlük, protein.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Ebru FIRATLIGİL-DURMUŞ. ebruf@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 60 44.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Kırmızı biber tohumunun endüstriyel olarak değerlendirilmesi: Protein ekstraksiyonu, fonksiyonel özellikleri ve mayonez üretiminde kullanımı" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 19.12.2008 tarihinde dergiye ulaşmış, 31.12.2008 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.11.2010 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Solubility and emulsifying properties of red pepper seed flour and protein

Extended abstract

Recently more attention has been focused on the utilization of food processing by-products and wastes. Obviously, such utilization would result in the production of various new products for food and contribute these products into foods. Only a small portion of plant material is utilized directly for human consumption. The remaining portion of this material or part of it may be converted into nutrients for either food or feed or into fertilizer.

Peppers belong to the genus *Capsicum*, where *C. annum* L. is the most widely cultivated species. They are grown mainly for its fruit although the seeds could also be used as spice after drying and grinding. They are processed into dehydrated products, pickled peppers, and sliced or diced frozen peppers or into products such as sauce, paste, puree and powder for flavoring or coloring purposes and many more. Red pepper seeds are excellent sources of protein, oil and fiber and they are rich in total essential amino acids, lysine, threonine, total aromatic amino acids, and tryptophan. Among the pepper producing countries, Turkey ranks the third after China and Mexico with 1,745,000 tons of produce per year. Utilization or the disposal of solid wastes remaining after canned/frozen pepper products processing that consist of stems, leaves and seeds are the most challenging tasks for the industry.

Proteins, as isolates or concentrates, are necessary ingredients in many food processes where they perform specific functions. Functional properties of proteins can be defined as physicochemical properties which affects the behaviour of proteins and contribute to the food quality and sensory properties during food preparation, processing, storage and consuming. Proteins change the physical properties of food by interacting with solvent, ions, other proteins, polysaccharides, lipids inside the surrounding environment. Properties such as solubility, water holding capacity, lipid binding property, foam capacity and stability, emulsion capacity and stability and gel formation of protein are the functional properties that affect the food quality.

Emulsifying properties are important functionality traits related to the protein used in food products.

Emulsifying capacity and emulsion stability are usually used to investigate the emulsifying properties of proteins in food emulsion systems. Various factors and conditions affect emulsifying properties of proteins including source of protein, protein concentration, pH, solubility, temperature, equipment and the method used to produce the emulsion. Solubility plays a role in emulsifying properties of proteins. Highly in soluble proteins display very poor emulsifying properties..

In this study, emulsifying properties of red pepper seed flour and protein were monitored in relation to influence of pH and concentration. It is hoped that the data will provide information on utilizing red pepper seed flour in various food applications.

The red pepper seed consists of 9.30% moisture, 19.32% fat, 23.64% protein, 3.55% ash, and 48.98% carbohydrate in dry basis. It is highly possible to use it as good source of protein and diet fiber due to its content of high protein and diet fiber. The protein concentration obtained from red pepper seed contains 6.63% moisture, 1.52% fat, 67.00% protein, 4.59% ash, and 26.87% carbohydrate. Red pepper seed protein concentrate contains more protein than soy protein concentrate, which is a commercial product.

In alkaline conditions, red pepper seed protein showed a higher solubility than red pepper flour and soy protein concentrate. Generally, solubility increased with increasing salt concentrations in all samples. The effect salt concentration on red pepper seed protein was higher than red pepper seed flour. After this concentration, no change was observed. Emulsion activity of red pepper seed flour and protein was 49.3-54.7% and 48.8-70.4%, respectively. And also emulsion stability was 52.9-54.3% and 47.2-64.9%, respectively. The emulsion properties of red pepper seed protein showed similar trend with solubility curves. Red pepper seed protein had higher emulsion properties than red pepper seed flour in alkaline conditions. The emulsion prepared by red pepper seed protein was more stable than prepared by red pepper seed flour. The emulsion properties of red pepper seed protein decreased with salt addition. On the other hand, the emulsion properties of red pepper seed flour and soy protein concentrate were not affected by salt addition.

Keywords: Red pepper seed, protein, emulsifying properties, solubility.

Giriş

Dünyada, milyonlarca ton tarımsal gıda atığı açığa çıkmaktadır. Atıklar çoğunlukla biyolojik olarak parçalanabilen bileşenlerden oluşmasına karşın imha edilmeleri su kirliliği ve istenmeyen koku gibi ciddi çevre problemlerine yol açmaktadır (Ku ve Mun, 2008). Atıkların değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar, atık malzemeleri gıda bileşenlerine dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Meyve ve sebze işleme atıklarının değerlendirilmesi, yeni, alternatif ve ucuz protein kaynakları bulmaya yönelik birçok çalışmaya konu olmuştur (Dhamankar vd., 1988; Liadakis vd., 1995; Arogb, 1997; Wang vd., 1999; Moure vd., 2002; Quanhong ve Caili, 2005; Wani vd., 2006). Meyve ve sebze işleme atıklarından aynı zamanda diyet lif ve antioksidan gibi birçok fonksiyonel bileşen üretilebilmektedir (Garau vd., 2007; Spigno ve Favari, 2007; Sudha vd., 2007; Al-Farsi ve Lee, 2008; Chantaro vd., 2008; Marin vd., 2007; Mollea vd., 2008; Roldan vd., 2008).

Biberler *Capsicum* cinsine aittir ve en yaygın olarak yetiştirilen türü *C. annuum* L.'dir. Kurutma ve öğütme sonrası tohumları baharat olarak da kullanılabilir de, bunlar esas olarak meyvası için yetiştirilmektedir. Boyut ve şekilleri geniş bir aralıkta değişmektedir. Renkleri ve tatları da çeşitlilik göstermektedir ve tatları tatlıdan çeşitli derecedeki acılığa doğru değişir (Bernadac vd., 2002). Domates gibi, yemek hazırlamada sayısız kullanım alanına sahip olması, biberi en önemli sebze haline getirmektedir. Biberler, kurutulmuş ürünlere, salamura biberlere, donmuş ürünlere veya lezzet veya renk vermek amacı ile sos, salça, püre veya toz gibi ürünlere işlenmektedirler. Biber üretimi yapan ülkeler içinde Türkiye, Çin ve Meksika'dan sonra yıllık 1 745 000 ton üretimle üçüncü sırada yer almaktadır (Gıda Tarım Örgütü, 2008). Konserveye işlenmiş ve dondurulmuş biber ürünlerinin üretiminden önemli miktarda sap, yaprak ve tohum gibi katı atıklar açığa çıkmaktadır. Protein, yağ ve lif içeriği oldukça zengin olan bu tohumların yeni bir protein kaynağı olarak değerlendirilmesi hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemlidir.

El-Adawy ve Taha (2001), paprika cinsi biberin tohumlarının protein ve yağ fraksiyonlarının bi-

leşimi ve karakteristiğini ilk kez değerlendirmişlerdir. Paprika tohumlarının iyi bir protein (%24), yağ (%26) ve diyet lif (%35) kaynağı olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca paprika tohumunu, Gıda Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü referanslarına göre toplam esansiyel amino asitler, lizin, threonin, toplam aromatik asitler ve triptofan içeriği bakımından zengin olduğunu tespit etmişlerdir. Biber işleme atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili hiçbir çalışma bulunmadığından, kırmızı biber tohumlarından protein ekstraksiyonunun optimum koşullarını incelemek önemli hale gelmektedir.

Proteinlerin, gıda işleme ve gıda ürünleri geliştirilmesinde, gıdanın yapısını etkileyen birçok fonksiyonel özellikleri vardır. Süt, peynir ve et gibi yüksek proteinli gıdalarla, hububat ürünlerinin dokusu, duysal ve besinsel özellikleri içerdikleri proteinin cins ve miktarına göre değişebilmektedir. Gıda ürünlerinin içerdiği proteinlerin besinsel ve fizikokimyasal özellikleri birbirinden farklıdır. Proteinlerin besin kalitesi, amino asit kompozisyonu ve gıda proteinlerini hidrolize edebilen enzimler ile sindirilebilme kolaylığı ile tanımlanır. Gıda maddesinin doğal olarak içerdiği veya gıda hazırlanırken içine ilave edilen proteinlerin çözünürlüğü, su tutma kapasitesi, yağ bağlama özellikleri, köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi, emülsiyon oluşturma kapasitesi ve stabilitesi, viskozite ve jel oluşturma gibi özellikleri ise ürün kalitesine önemli etkileri olan fonksiyonel özelliklerdir. Proteinlerin fonksiyonel özellikleri ile ilgili bilgiler, bu katkıların gıdadaki performansları hakkında bilgi sağlamaktadır. Gıda bazlı yeni protein kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesi sırasında fonksiyonel özellikler, temel kriter olarak değerlendirilmektedir. Yeni protein kaynaklarının esansiyel amino asit kompozisyonu ve fonksiyonel özellikleri yanında kabul edilebilir duysal özelliklere sahip olması da aranan bir özelliktir.

Proteinlerin fonksiyonel özellikleri, protein yapısı ile ilgili özelliklerden (amino asit dizilimi ve bileşimi), proteinin elde edilişi sırasında uygulanan koşullardan (ekstraksiyon ve çöktürme

koşulları, yağ uzaklaştırma metodu, enzim uygulaması, kurutma ve toz ürün elde etme metodları) ve proteinin fonksiyonel özelliklerinin saptanması sırasında uygulanan koşullardan (pH, sıcaklık, karıştırma metodu ve süresi) etkilenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, yağı alınmış kırmızı biber tohumunun ve proteininin emülsiyon ve çözünürlük özelliklerinin pH ve tuz konsantrasyonunun fonksiyonu olarak incelenmesidir.

Materyal ve yöntem

Materyal

Bu çalışmada kullanılan kırmızı biber tohumları (*Capsicum frutescens*) Agromar A.Ş.'den ve soya protein konsantresi ise Teknarom A.Ş.'den sağlanmıştır. Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

Yağı alınmış kırmızı biber tohumunu ve yağının hazırlanması

Kırmızı biber tohumları, 1 mm açıklıktaki elekten geçecek şekilde elektrikli öğütücüde öğütülmüştür. Öğütülmüş tohum, n-hekzan (1:5 kütle/hacim) ile 36 saat süre ile sürekli karıştırılarak yağı uzaklaştırılmıştır. Yağı alınmış un oda sıcaklığında (~25°C) hava ile kurutulmuştur ve daha sonra 50°C sıcaklıkta 2 saat süre ile etüvde kurutulmuş ve 0.5 mm elek açıklığını geçecek şekilde öğütülmüştür. Yağı alınmış tohumunu polietilen torbalara doldurulup, kullanılıncaya kadar buzdolabında depolanmıştır (El-Adawy ve Taha, 2001).

Kırmızı biber tohumu proteini eldesi

Yağı alınmış tohumunu (10 g), distile su ile (çözgen-katı oranı 20:1 hacim/kütle) ile sürekli karıştırılan cam erlende 31°C sıcaklıkta 20 dakika süre ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon süresince süspansiyonun pH'ı 8.8 olarak ayarlanmıştır. Çözeltiler 2700g kuvvette 20 dakika süre ile santrifüjlenmiş ve üst faz toplanmıştır. Toplanan proteince zengin çözeltinin pH'ı 0.1 N HCl ile izoelektrik noktası olan pH 3'e ayarlanmıştır. Protein çökeltisi, 2700g kuvvette 20 dakika süre ile santrifüjlenerek ayrılmış ve dondurarak kurutulmuştur (Liadakis vd., 1995).

Çözünürlük

100 mg örnek 20 mL distile su ile karıştırılmış ve karışımın pH'ı 2 ile 10 değeri arasındaki istenilen değere 0.1 N HCl veya 0.1 N NaOH kullanılarak ayarlanmıştır. Karışımlar, oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı ile 30 dakika süre ile karıştırılmış ve 2700g kuvvette 15 dakika süre ile santrifüjlenmiştir. Üst fazdaki çözülen protein miktarı Lowry ve diğerleri (1951) metodu ile belirlenmiştir. Çözünürlük özellikleri, tuz konsantrasyonunun (0.1 ila 1.0 M arası) fonksiyonu olarak da belirlenmiştir (Inyang ve Iduh, 1996; Massoura vd., 1998; Wang vd., 1999).

Emülsiyon özellikleri

Kırmızı biber tohumunu ve proteininin emülsiyon özelliklerinin belirlenmesi amacı ile emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi ölçülmüştür. Farklı pH değerlerine (2 ile 10 arası) sahip olan 100 mL %2'lik (kütle/hacim) örnek çözeltileri 9500 rpm devir hızında 30 saniye süre ile homogenizatörde homojenize edilmiştir. 100 mL mısır yağı ilave edilmiş ve tekrar 1 dakika süre ile homogenize edilmiştir. Emülsiyonlar 50 mL'lik santrifüj tübünde 1200g kuvvette 5 dakika süre ile santrifüjlenmiştir. Emülsiyon aktivitesi (EA), emülsifiye olmuş katman yüksekliğinin toplam yüksekliğe oranı ile hesaplanmıştır.

Emülsiyon stabilitesini belirlemek için yukarıda belirtilen şekilde hazırlanmış olan emülsiyonlar 80°C'de 30 dakika süre ile ısıtılmış, musluk suyu altında bekletilerek oda sıcaklığına soğutulmuş ve 1200g kuvvette 5 dakika süre ile santrifüjlenmiştir. Emülsiyon stabilitesi (ES), emülsiyon olarak kalmış olan katmanın yüksekliğinin toplam yüksekliğe oranı ile hesaplanmıştır. Emülsiyon özellikleri, tuz konsantrasyonunun (0.1 ila 1.0 M arası) fonksiyonu olarak da belirlenmiştir (Ayrancı ve Dalgiç, 1992; Xu ve Diosady, 1994; Chau vd., 1997; Vioque vd., 2000).

Kimyasal analizler

Kırmızı biber tohumu, unu, proteini ve soya protein konsantresinin protein, yağ, kül ve nem içerikleri AOAC (2000) metotlarına göre gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel analiz

Veriler arasındaki farklılığın test edilmesi için $\alpha = 0.05$ önem düzeyinde varyans analizi (ANOVA) kullanılmış ve ortalamalar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler Minitab (Minitab Release 12.2) programı ile gerçekleştirilmiştir.

Deneyisel çalışma sonuçları**Kırmızı biber tohum unu ve proteininin içerik analizleri**

Kırmızı Biber Tohumu (KBT), yağı alınmış Kırmızı Biber Tohum Unu (KBTU), Kırmızı Biber Tohum Proteinini (KBTP) ve ticari ürün olan Soya Protein Konsantresinin (SPK) içerikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kırmızı biber tohum unu, proteini ve soya protein konsantresinin içerikleri

Kompozisyon (%, kuru baz)	KBT	KBTU	KBTP	SPK
Nem	9.30	10.78	8.10	6.63
Yağ	19.32	4.01	3.35	1.52
Protein	23.64	26.02	70.31	67.00
Kül	3.55	4.10	4.54	4.59
Karbonhidrat ¹	48.98	65.87	21.80	26.87

¹ Fark ile hesaplanan

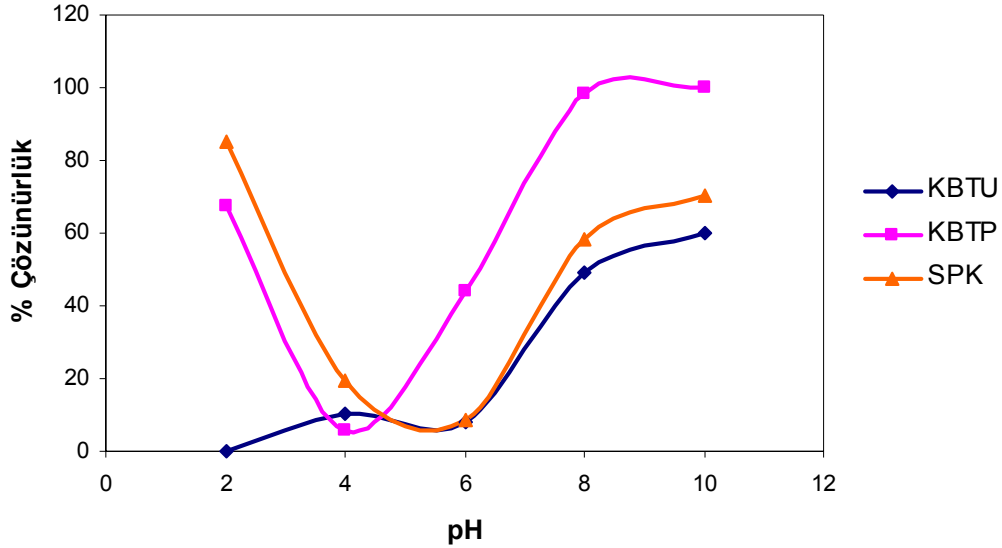
Kırmızı biber tohumu (*Capsicum frutescens*) için elde edilen yağ (%19.32) (kb.) ve protein (%23.64) (kb.) değerleri, El-Adawy ve Taha (2001) tarafından paprika türü kırmızı biber tohumu (*Capsicum annuum*) için elde edilen %24.23 (kb.) protein ve %25.61 (kb.) yağ içeriği değerlerinden düşüktür. Bu farklılık, tür çeşidi, yetiştirme koşulları ve biberin olgunluğundaki farklılıktan kaynaklanmaktadır (Liadakis vd., 1995; Guerrero vd., 2002).

Kırmızı biber tohumunun protein içeriği (%23.64), karpuz tohumu (%27.1) (Wani vd., 2006), domates tohumu (%25.5) (Liadakis vd., 1995), filizlenmiş balkabağı tohumu (%24.5-36) (Quanhang ve Caili, 2005), güvercin bezelyesi (15.5-28.8) (Mizubuti vd., 2000), yer fıstığı (%22.04) (Rustom vd., 1991), kolza tohumu (%38.9) (Oomah vd., 1994) gibi geleneksel olmayan potansiyel protein kaynakları ile kıyaslanabilir düzeydedir.

Protein ürünleri protein konsantresi ve izolatu olarak sınıflandırılabilirler. Konsantreler en az %65 (kb.) protein içeriğine, izolatlara ise en az %90 (kb.) protein içeriğine sahiptirler (Aluko, 2004). Kırmızı biber tohum unundan elde edilen protein içeriği (%70.31) (kb.), ürünün protein konsantresi olarak adlandırılmasını sağlamaktadır.

Çözünürlük

Teorik olarak, protein su, yağ ve kendileri ile etkileşime girebilmek için çözünür olmalıdırlar. Bu nedenle proteinlerin çözünürlükleri, su tutma, emülsiyon ve jel özellikleri gibi teknolojik özellikleri hakkında önemli bir göstergedir. Kırmızı biber tohum unu ve proteini, soya protein konsantresinin çözünürlük profilleri pH'a bağlı olarak Şekil 1'de verilmiştir. Proteinlerin farklı pH değerlerindeki çözünürlük özellikleri, gıda sistemine ilave edildikleri zaman protein malzemesinin ne kadar iyi bir fonksiyon sergileyeceğinin bir indikatörüdür (Inyang ve Iduh, 1996). Kırmızı biber tohum proteini ve soya protein konsantresi U-şekilli pH-çözünürlük profili göstermektedir. Kırmızı biber tohum proteini için en düşük çözünürlük değeri pH 4'de elde edilmektedir. Bu değer kırmızı biber tohum proteininin izoelektrik noktasını belirtmektedir. Çözünürlük, pH 4 değerinin altındaki ve üstündeki pH değerlerinde, pH 2'de %67.7 pH 10'da ise %99.9 değerine kadar artmaktadır. Kırmızı biber tohum proteini ve soya protein konsantresinin çözünürlükleri asidik pH koşullarında izoelektrik noktaya kadar azalmakta ve sonra bazik pH değerlerinde artmaktadır. Benzer çözünürlük profili susam proteini (Inyang ve Nwadinika, 1992), mısır proteini (Myers vd., 1994), börülce ve güvercin bezelyesi proteini (Mwasaru vd., 2000), keten tohumu proteini (Krause vd., 2002), pirinç kepeği proteini (Gupta vd., 2008), Crambe yağlı tohumu (Massoura vd., 1998), arpa protein konsantresi (Bilgi ve Çelik, 2004), acı bakla tohumu protein izolatu (El-Adawy vd., 2001) için elde edilmiştir. Kırmızı biber tohum unu asidik koşullarda kırmızı biber tohum proteini ile benzer davranış göstermemektedir. Kırmızı biber tohumunun asidik koşullardaki çözünürlüğü oldukça düşüktür. Bu koşullardaki düşük çözünürlük özellikleri nedeniyle, kırmızı biber tohum unu jel, köpük



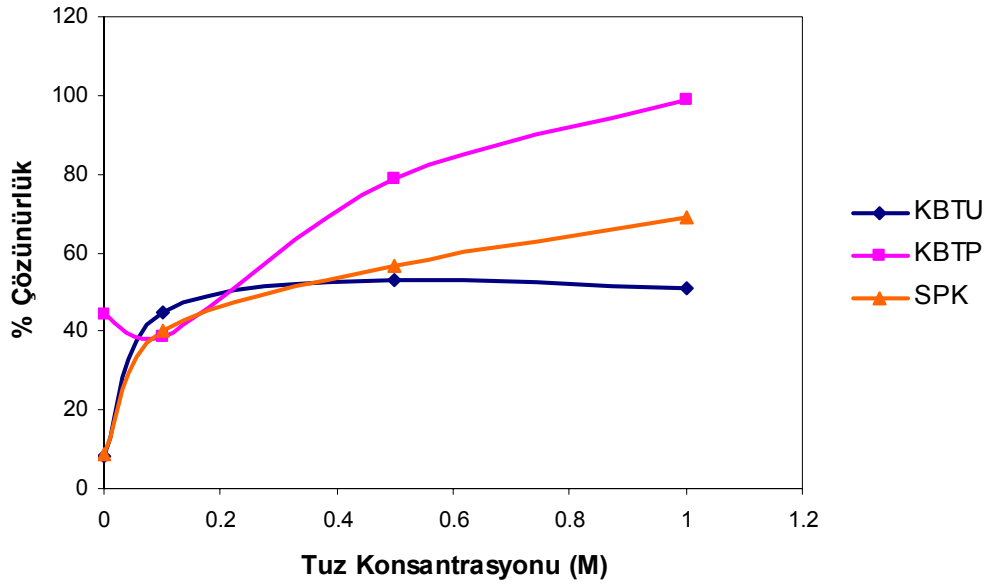
Şekil 1. pH-çözünürlük profili

ve emülsiyon oluşturmada etkin bir rol üstlenemez. Kırmızı biber proteinin alkali koşullardaki çözünürlüğü asidik koşullara göre daha yüksektir. Kırmızı biber tohum proteinin %80'den fazlası pH 7 değerinin üzerinde suda çözünür hale geçmektedir. Bu sonuç albumin ve globulin proteinlerinin varlığını göstermektedir. Yüksek protein çözünürlüğü ayrıca proteinin eldesi sırasında proteinlerin yapısında çok az oranda denatürasyon meydana geldiğini göstermektedir (Myers vd., 1994).

Soya protein konsantrasyonunun çözünürlük değerleri kırmızı biber tohum proteinine göre daha geniş bir aralıkta (pH 4.0 – 6.0) düşük olarak gözlenmektedir. Çözünürlüğün düşük olduğu pH aralığının dar olması proteinlerin fonksiyonelliği için arzu edilen bir durumdur. Çözünürlüğün düşük olduğu geniş pH aralığı, protein denatürasyonunun göstergesidir (Mwasaru vd., 1999). Asidik koşullarda soya protein konsantrasyonunun çözünürlük değerleri kırmızı biber tohum proteinine göre daha yüksektir. Alkali koşullarda ise kırmızı biber tohum proteinini daha çözünür özellik kazanmaktadır. En yüksek çözünürlük değeri soya protein konsantrasyonu için pH 2'de olan %85.12, kırmızı biber tohum proteinini için ise pH 10'da %99.9 değeri elde edilmiştir.

Tuzlar proteinlerin çözünürlüklerini protein-protein ve protein-su etkileşimlerini etkileyerek

değiştirirler. Tuz tipine ve konsantrasyonuna bağlı olarak, çözünürlük azalır veya artar. Sodyum klorür ilavesinin pH 6'da kırmızı biber tohumunu ve proteinini, soya protein konsantrasyonuna etkileri Şekil 2'de görülmektedir. Genel olarak tüm örneklerde tuz konsantrasyonu arttıkça çözünürlük de artmaktadır. Konsantrasyonun 0.0 M'den (distile su) 1.0 M'a artırılması ile kırmızı biber tohumunun ve proteininin, soya protein konsantrasyonunun çözünürlükleri sırasıyla %8'den %51'e, %44'den %99'a, %9'dan %69'a artırmıştır. Çözünürlükteki benzer artış susam protein konsantrasyonu (Inyang ve Iduh, 1996), bezelye protein konsantrasyonu (Chavan vd., 2001), acı bakla tohumu protein izolatı (El-Adawy vd., 2001) için elde edilmiştir. Diğer yandan Bilgi ve Çelik (2004), arpa protein konsantrasyonunun çözünürlüğünün NaCl varlığı ile azaldığını, Mwasaru ve diğerleri (2000) ise börülce protein izolatının çözünürlüğünün NaCl ilavesi ile asidik koşullarda azaldığını, bazik koşullarda ise arttığını belirlemişlerdir. Çözünürlükteki bu artış, klor iyonlarının pozitif yüklü protein gruplarına bağlanma kapasitesinin daha iyi olması ile açıklanabilir (Inyang ve Iduh, 1996). Sadece kırmızı biber tohum protein konsantrasyonunda 0.1 M değerinde distile sudaki çözünürlüğüne göre bir azalma gözlenmektedir. Kırmızı biber tohumunun çözünürlük değerleri, tuz konsantrasyonunun 0.0 M'dan (distile su) 1.0 M'a artırılması ile artmış ve daha sonra tuz konsantrasyonunda



Şekil 2. Tuz konsantrasyonunun çözünürlüğe etkisi

ki artıştan etkilenmemiştir. Konsantrasyonun 0.1 M'dan 1.0 M'a çıkartılması ile çözünürlük değerleri kırmızı biber tohum protein konsantresi ve soya protein konsantresi için sırasıyla %155 ve %72 oranında artmıştır.

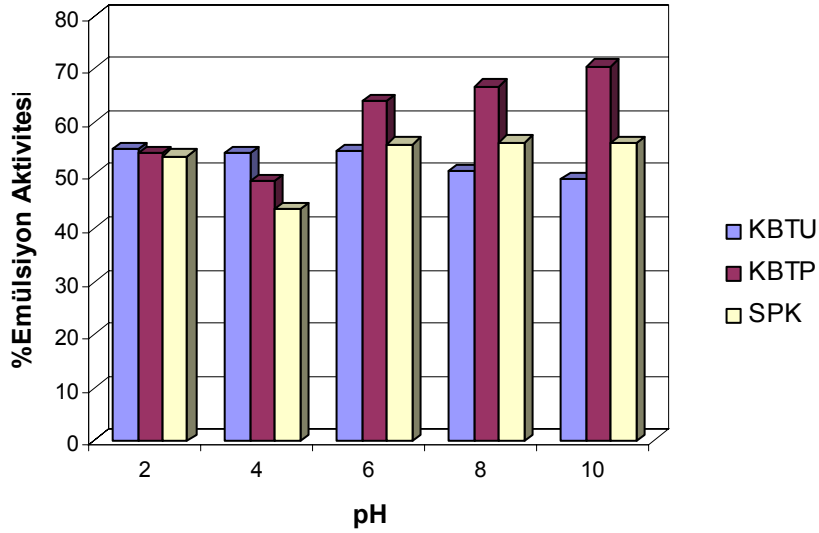
Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, izoelektrik çöktürme prosesinin protein çözünürlüğü üzerine olan olumsuz etkileri uygun pH ve iyonik kuvvette çözgen kullanılarak geliştirilebilir. Sonuç olarak kırmızı biber proteini, birçok gıda sisteminde bulunabilecek pH ve tuz konsantrasyonu aralığında çözünürdür. Bebek gıdaları, fırıncılık ürünleri, gazlı içecekler ve tatlılar gibi ürünlerde kullanılabilirler.

Emülsiyon özellikleri

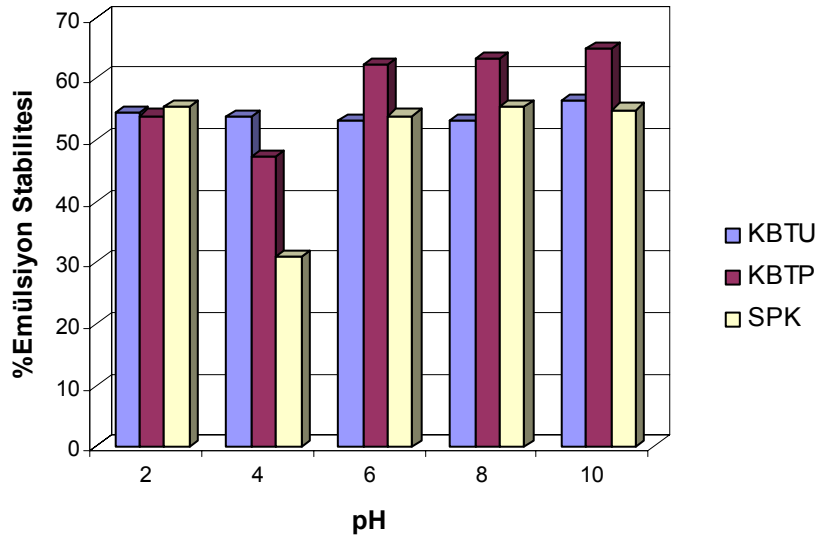
Proteinlerin emülsiyon özellikleri, gıdalardaki fonksiyonellikleri açısından önemli fonksiyonel özelliklerinden biridir. Proteinlerin gıda emülsiyonlarındaki emülsiyon özelliklerini tespit etmek için emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi terimleri kullanılmaktadır. Emülsiyon aktivitesi proteinin emülsiyon oluşturabilme ve emülsiyon stabilitesi ise proteinin depolama sırasında yağ/su emülsiyonunun homojenliğini koruyabilme kabiliyetidir. Emülsiyon özellikleri, protein konsantrasyonu, pH ve tuz konsantrasyonu gibi faktörlerden etkilenmektedir (Massoura vd., 1998).

Kırmızı biber tohumunu ve proteini, soya protein konsantresinin emülsiyon aktivitesi ve stabilitesinin pH ile değişimi Şekil 3 ve Şekil 4'te görülmektedir. Sonuçlar göstermektedir ki, kırmızı biber tohumunu, proteini ve soya protein konsantresinin emülsiyon aktivitesi ve stabilitesinin pH ile değişimleri benzer eğilimler göstermektedir. Bu benzer eğilim, Massoura ve diğ. (1998) ve Fuhrmeister ve Meuser (2003) tarafından da belirtilmiştir. Kırmızı biber tohum proteinin, emülsiyon özellikleri proteinlerin çözünürlük eğrileri (Şekil 1) ile paralellik göstermektedir. Kırmızı biber tohum proteini için en düşük emülsiyon aktivitesi (%48.81) ve stabilitesi (%47.19), izoelektrik noktası olan pH 4'de elde edilmiştir. İzelektrik noktanın altındaki ve üstündeki pH değerlerinde emülsiyon özellikleri istatistiksel olarak önemli düzeyde artmaktadır ($p < 0.05$). Emülsiyon aktivitesi, pH 2 ve pH 10'da sırasıyla %53.99 ve %70.42 değerlerine, emülsiyon stabilitesi ise %53.89 ve %64.90 değerlerine ulaşmaktadır. Proteinler, izoelektrik noktalarına yakın oldukları pH değerlerinde en yüksek emülsiyon oluşturma özelliklerini gösterebilmektedirler.

Ortamin pH'ı emülsiyon özelliklerini çözünürlük, yüzey su tutma özelliği ve yağ globülleri etrafındaki koruyucu tabakanın elektriksel yükünü değiştirerek etkilerler. Artan protein



Şekil 3. Emülsiyon aktivitesinin pH ile değişimi



Şekil 4. Emülsiyon stabilitesinin pH ile değişimi

çözünürlüğü, ara yüzeydeki protein konsantrasyonunda artışa yol açar. Bu da, yüzeyler arasında film oluşumunu artırarak emülsiyon özelliklerini geliştirilmesini sağlar (Bilgi ve Çelik, 2004). Bu sonuç, arpa protein konsantresi (Bilgi ve Çelik, 2004) ve susam unu (Inyang ve Nwadike, 1992), güvercin bezelyesi protein izolatu (Mwasaru vd., 2000) için elde edilen sonuçlar ile uyum göstermektedir. Alkali koşullar, kırmızı biber tohum proteininin emülsiyon özelliklerini asidik koşullara göre daha çok geliştirmektedir. Benzer sonuç, Inyang ve Idun (1996) tarafından susam protein konsantresi için de elde edilmiştir. Kırmızı biber tohumunun

emülsiyon özelliklerinin pH ile değişimi istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir ($p > 0.05$). Bu durum, unun içerdiği diğer bileşenlerin bir-biri ile etkileşimlerinin emülsiyon özellikleri etkilemesi ile açıklanabilir (Guerrero vd., 2002).

Kırmızı biber tohum proteinini, bazik pH koşullarında kırmızı biber tohum ununa ve soya protein konsantrasyonuna göre daha yüksek emülsiyon özelliklerine sahiptir ($p < 0.05$). Kırmızı biber tohum proteininin emülsiyon aktivitesi değerleri (%48.81-70.42), domates tohum protein izolatu (%35.4) (Liadakis vd., 1998), lima fasulyesi protein izolatu (%50-57) (Mwasaru vd., 2000),

kolza tohumu protein izolatu (%56.1) (Xu ve Diosady, 1994), buğday proteini (%68) (Ge vd., 2000) için elde edilen değerlerden daha yüksektir. Asidik koşullardaki emülsiyon özelliklerinin düşük olması, klorür iyonların varlığıyla proteinlerin net elektriksel yükleri azalması ve emülsiyon oluşturmuş damlaların birbiri ile olan etkileşimleri artmasından kaynaklanmaktadır (Chavan vd., 2001).

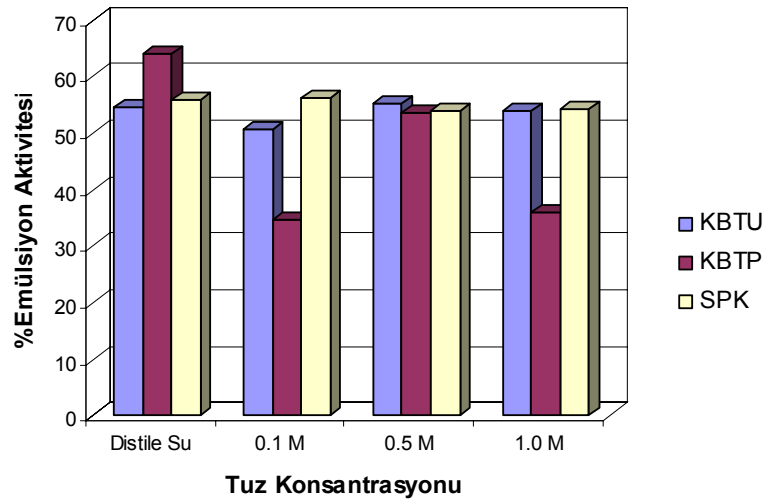
Tuzun emülsiyon özelliklerine etkisi, yağ-su ara yüzeyindeki protein adsorplamasına olan etkisinden kaynaklanmaktadır (Chavan vd., 2001).

Kırmızı biber tohumunu ve protein konsantrasyonunun emülsiyon özelliklerine tuz konsantrasyonunun etkisi pH 6'da ticari ürün olan soya protein konsantrasyonu ile karşılaştırılarak Şekil 5 ve Şekil 6'da incelenmiştir. Kırmızı biber tohumunu, proteini ve soya protein konsantrasyonunun emülsiyon aktivitesi ve stabilitesinin tuz konsantrasyonu ile değişimleri benzer eğilimler göstermektedir. Kırmızı biber tohumu proteininin emülsiyon özellikleri tuz ilavesi ile istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaktadır ($p < 0.05$). Fakat emülsiyon özelliklerinin değişiminde kararlı bir eğilim gözlenmemektedir. Inyang ve Iduh (1996) ve Chavan ve diğerleri (2001) ise, susam protein konsantrasyonu ve bezelye protein izolatının emülsiyon özelliklerinin artan tuz konsantrasyonu ile arttığını belirlemişlerdir.

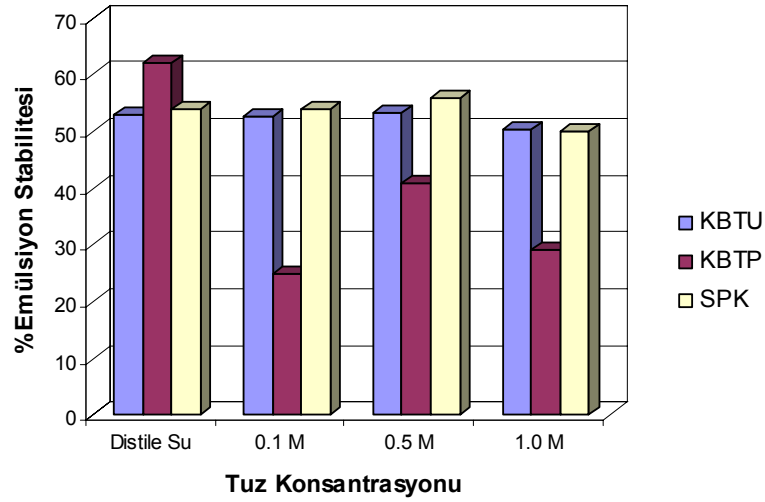
Kırmızı biber tohumu proteini için en yüksek emülsiyon aktivitesi (%63.93) ve stabilitesi (%62.07), tuz içermeyen emülsiyonlarda gözlenmektedir. Kırmızı biber tohumunu ve soya protein konsantrasyonunun emülsiyon özelliklerinin tuz konsantrasyonunun 0.0 M'den (distile su) 1.0 M'e artırılması ile istatistiksel olarak önemli düzeyde değişim gözlenmemektedir ($p > 0.05$). Soya protein konsantrasyonu ile kırmızı biber tohumu proteininin emülsiyon özelliklerinin artan tuz konsantrasyonu ile değişiminin birbirinden farklı olması, amino asit kompozisyonu ve moleküler ağırlık dağılımının farklı olmasından kaynaklanabilmektedir (Mwasaru vd., 2000).

Tuz ilavesinin emülsiyon özellikleri üzerine etkileri ile tuz ilavesinin çözünürlüğe olan etkileri (Şekil 2) arasında bir benzerlik görülmemektedir. Benzer sonuç, börülce unu protein izolatu için de elde edilmiştir (Mwasaru vd., 2000). Tuz ilavesi, emülsiyon özelliklerini protein çözünürlüğüne olan etkilerinden farklı bir mekanizma ile etkilemektedir (Mwasaru vd., 2000).

Emülsiyon oluşturmada kullanılan metot (kullanılan cihaz, süre, yağ tipi vb.) emülsiyon özelliklerini etkilemektedir (Idouraine vd., 1991; Mahajan ve Dua, 1994; Xu ve Diosady, 1994; Bilgi ve Çelik, 2004). Bu nedenle, literatürde farklı metotlar kullanılarak belirlenen diğer bitkisel kaynaklara ait değerlerin elde edilen sonuçlar ile kıyaslanması mümkün olmamaktadır.



Şekil 5. Emülsiyon aktivitesinin tuz konsantrasyonu ile değişimi



Şekil 6. Emülsiyon stabilitesinin tuz konsantrasyonu ile değişimi

Kırmızı biber tohum proteini ve unu için elde edilen emülsiyon özellikleri göstermektedir ki, bu ürünlerin sos, mayonez ve salata sosu gibi ürünlerde emülgatör olarak kullanılabilirler.

Sonuçlar

Kırmızı biber tohum unu ve proteini katıldıkları ürünün sadece besinsel değerini artırmakla kalmayıp aynı zamanda fonksiyonel özelliklerini de geliştirmektedirler. Kırmızı biber tohum proteini, gıda endüstrisinde sıkça kullanılan soya protein konsantresi ile aynı veya daha mükemmel fonksiyonel özellikler göstermektedir. Kırmızı biber tohum unu ve proteininin emülsiyon özellikleri, salata sosları, soslar, şarküteri ürünleri, dondurma, kek hamurları ve mayonez gibi birçok gıda formülasyonlarında kullanımını mümkün kılmaktadır. Bu un ve proteinlerin alternatif protein kaynağı olarak gıda sistemleri içinde değerlendirilebilmesi için fonksiyonelliğini etkileyen parametrelerin bu sistemler içinde de incelenmesi ile ilgili ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Son olarak, kırmızı biber tohumunun protein üretimi için kullanılması ekstra gelir getirmesi ile birlikte aynı zamanda atık probleminin azaltılmasına da yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

Al-Farsi, M.A. ve Lee, C.Y., (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds, *Food Chemistry*, **108**, 977-985.

Aluko, R.E., (2004). The extraction and purification of proteins: an introduction, in Yada, R.Y., eds, *Proteins in Food Processing*, Woodhead Publishing Ltd., 323-346, Cambridge, England.

AOAC, (1997). Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, AOAC Inc., Virginia, USA.

Arogba, S.S., (1997). Physical, chemical and functional properties of Nigerian Mango (*Mangifera indica*) kernel and its processed flour, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **73**, 321-328.

Ayrancı, E. ve Dalgıç, A.Ç., (1992). Preparation of protein isolates from *Pistacia terebinthus* L. and examination of some functional properties, *LWT-Food Science and Technology*, **25**, 442-444.

Bernadac, A., Latche, A., Roustan, J.P., Bouzayen, M. ve Pech, J.C., (2002). Cucurbits, pepper, eggplant, legumes and other vegetables, in Velpusta, V., eds, *Fruit and Vegetable Biotechnology*, Woodhead Publishing Ltd., 325-410, Cambridge, England.

Bilgi, B. ve Çelik, S., (2004). Solubility and emulsifying properties of barley protein concentrate, *European Food Research Technology*, **218**, 437-441.

Chantaro, P., Devahastin, S. ve Chiewchan, N., (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels, *LWT-Food Science and Technology*, **41**, 1-8.

Chau, C.F., Cheung, P.C.K. ve Wong, Y.S., (1997). Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 2500-2503.

- Chavan, U.D. McKenzie, D.B. ve Shadidi, F., (2001). Functional properties of protein isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.), *Food Chemistry*, **74**, 177-187.
- Dhamankar, V.S., Chavan, S.M. ve Jadhav, S.J., (1988). Protein extraction from sugar cane press mud, *International Sugar Journal*, **90**, 107-109.
- El-Adawy, T.A. ve Taha, K.M., (2001). Characteristics and composition of watermelon, pumpkin, and paprika seed oils and flours, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 1253-1259.
- El-Adawy, T.A., Rahma, E.H., El-Bedawey, A.A. ve Gafar, A.F., (2001). Nutritional potential and functional properties of sweet and bitter lupin seed protein isolates, *Food Chemistry*, **74**, 455-462.
- Fuhrmeister, H. ve Meuser, F., (2003). Impact of processing on functional properties of protein products from wrinkled peas, *Journal of Food Engineering*, **56**, 119-129.
- Garau, M.C., Simal, S., Rosello, C. ve Femenia, A., (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products, *Food Chemistry*, **104**, 1014-1024.
- Ge, Y., Sun, A., Ni, Y. ve Cai, T., (2000). Some nutritional and functional properties of defatted wheat germ protein, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 6215-6218.
- Guerrero, L.C., Perez-Flores, V., Betancur-Ancona, D. ve Davilla-Ortiz, G., (2002). Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 584-591.
- Gupta, S., Chandi, G.K. ve Sogi, D.S., (2008). Effect of extraction temperature on functional properties of rice bran protein concentrates, *International Journal of Food Engineering*, **4**, 1-18.
- Idouraine, A., Yensen, S.B. ve Weber, C.W., (1991). Tepary bean flour, albumin and globulin fractions functional properties compared with soy protein isolate, *Journal of Food Science*, **56**, 1316-1318.
- Inyang, U.E. ve Iduh, A.O., (1996). Influence of pH and salt concentration on protein solubility, emulsifying and foaming properties of sesame protein concentrate, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **71**, 1663-1667.
- Inyang, U.E. ve Nwadinmpa, C.U., (1992). Functional properties of dehulled sesame (*Sesamum indicum* L.) seed flour, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **69**, 819-822.
- Krause, J.P., Schultz, M. ve Dudek, S., (2002). Effect of extraction conditions on composition, surface activity and rheological properties of protein isolates from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.), *Journal of The Science of Food and Agriculture*, **82**, 970-976.
- Ku, C.S. ve Mun, S.P., (2008). Antioxidant activities of ethanol extracts from seeds in fresh Bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.) and wine processing waste, *Bioresource Technology*, **99**, 4503-4509.
- Liadakis, G.N., Tzia, C., Oreopoulou, V. ve Thomopoulos, C.D., (1995). Protein isolation from tomato seed meal extraction optimization, *Journal of Food Science*, **60**, 477-482.
- Mahajan, A. ve Dua, S., (1994). Comparison of processing treatments on the composition and functional properties of rapeseed preparations (*Brassica campestris* L. var. *toria*), *Nahrung*, **38**, 578-587.
- Marin, F.R., Soler-Rivas, C., Benavente-Garci, O., Castillo, J. ve Perez-Alvarez, P., (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres, *Food Chemistry*, **100**, 736-741.
- Massoura, E., Vereijken, J.M., Kolster, P. ve Derksen, J.T.P., (1998). Proteins from *Crambe abyssinica* oilseed II: Biochemical and functional properties, *JAOCs*, **75**, 329-335.
- Mizubuti, I.Y., Junior, O.B., Souza, L.W.O., Silva, R.S.S.F. ve Ida, E.I., (2000). Response surface methodology for extraction optimization of pigeon pea protein, *Food Chemistry*, **70**, 259-265.
- Mollea, C., Chiampo, F. ve Conti, R., (2008). Extraction of pectins from cocoa husks: A preliminary study, *Food Chemistry*, **107**, 1353-1356.
- Moure, A., Rua, M., Sinerio, J. ve Dominguez, H., (2002). Aqueous extraction and membrane isolation of protein from defatted *Guevina avellana*, *Journal of Food Science*, **67**, 688-696.
- Mwasaru, M.A., Muhammed, K., Bakar, J. ve Man, Y.B.C., (1999). Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates II functional properties, *Food Chemistry*, **67**, 445-452.
- Mwasaru, M.A., Muhammed, K., Bakar, J. ve Man, Y.B.C., (2000). Influence of altered solvent environment on the functionality of pigeonpea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates, *Food Chemistry*, **71**, 157-165.
- Myers, D.J., Hojilla-Evangelista, M.P. ve Johnson, L.A., (1994). Functional properties of protein extracted from flaked, defatted, whole corn by

- ethanol/alkali during sequential extraction processing, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **71**, 1201-1204.
- Oomah, B.D., Mazza, G. ve Cui, W., (1994). Optimization of protein extraction from flaxseed meal, *Food Research International*, **27**, 355-361.
- Quanhang, L. ve Caili, F., (2005). Application of response surface methodology for extraction of germinant pumpkin seeds protein, *Food Chemistry*, **92**, 701-706.
- Roldan, E., Sanchez-Moreno, C., Ancos, B. ve Cano, M.P., (2008). Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties, *Food Chemistry*, **108**, 907-916.
- Rustom, I.Y.S., López-Leiva, M.H. ve Nair, B.M., (1991). Optimization of extraction of peanut proteins with water by response surface methodology, *Journal of Food Science*, **56**, 1660-1663.
- Spigno, G. ve Favari, D.M.D., (2007). Antioxidants from grape stalks and marc: Influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts, *Journal of Food Engineering*, **78**, 793-801.
- Sudha, M.L., Baskaran, V. ve Leelavathi, K., (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making, *Food Chemistry*, **104**, 686-692.
- Vioque, J., Sanchez-Vioque, R., Clemente, A., Pedroche, J. ve Millan, F., (2000). Partially hydrolyzed rapeseed protein isolates with improved functional properties, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **77**, 447-450.
- Wang, M., Hettiarachchy, N.S., Qi, M., Burks, W. ve Siebenmorgen, T., (1999). Preparation and functional properties of rice bran protein isolate, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 411-416.
- Wani, A.A., Sogi, D.S., Grover, L. ve Saxena, D.C., (2006). Effect of temperature, alkali concentration, mixing time and meal/solvent ratio on the extraction of watermelon seed proteins-a response surface approach, *Biosystems Engineering*, **94**, 67-73.
- Xu, L. ve Diosady, L.L., (1994). Functional properties of Chinese rapeseed protein isolates, *Journal of Food Science*, **59**, 1127-1130.
-
- FAO, (2008), Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases. <http://faostat.fao.org> (Ocak 2008).